

Enkelvoudig werkende of in serie geplaatste hoogbelaste oxydatiebedden

Inleiding

Vanwege het RIZA in overleg met de dienst van Openbare Werken van Utrecht voorjaar 1970 genomen proeven op de Utrechtse rioolwaterzuiveringsinrichting (RZI) hebben aangetoond, dat de door ir. A. H. Dirkszager in „H₂O” [1] gepubliceerde formules van Rankin, Eckenfelder en O'Connor en de N(ational) R(earch) C(ouncil) — formule — althans voor het Utrechtse afvalwater — heel goed overeenstemmen met het in de praktijk op deze RZI reeds gevonden nuttig effect der hoogbelaste oxydatiebedden.

Toepassing van de ontwikkelde formules zou wellicht een indicatie kunnen vormen t.a.v. het nuttig effect van een oxydatiebedden-plan, indien de bedrijfsvoering van het oxydatief biologisch gedeelte van de betreffende zuiveringsinrichting zou (kunnen) worden gewijzigd van bv. enkelvoudige werking op serie-schakeling.

Aangezien m.n. de NRC-formule van duidelijke BOD₅-belastingen van het oxydatiebed uitgaat, terwijl anderzijds met de voor hoogbelaste oxydatiebedden (noodzakelijke) recirculatie in de formule rekening wordt gehouden, werd dezerzijds — bij toepassing van deze formule — al spoedig gevonden, dat indien serie-schakeling zou (kunnen) worden toegepast, **belangrijk** gunstiger resultaten zouden zijn te verwachten.

Aan de hand van een voorbeeld zal nu een vergelijk worden gemaakt tussen een (grote) RZI, alwaar het oxydatief biologisch gedeelte bestaat uit een 4-tal (hoogbelaste) oxydatiebedden, welke of wel in één trap dan wel in twee trappen zijn geschakeld.

Voorbeeld

210.000 inwoners, drinkwater verbruik (+ kwel oude rioleringen): 150 l/i.d.; gemengd rioelstelsel.

Verondersteld wordt dat de DWA op de RZI regelmatig over de uren van de dag wordt aangevoerd; de regenafvoer wordt buiten beschouwing gelaten.

Industrie: 65.000 inwoner-equivalenten (i.e.) à 35 g BOD₅/dag voor het bezonken afvalwater; afvoer industrie: 16.500 m³/dag.

De totale DWA wordt dan:

bevolking (+ kwel riolering):
 210.000 inw. à 150 l/i.d. = 31.500 m³/dag
 industrie = 16.500 m³/dag

Totaal 48.000 m³/dag

BOD₅ van het afvalwater, na bezinking, bedraagt:

$$\frac{(210.000 + 65.000) \times 35 \text{ (g BOD}_5\text{/i.e./dag)}}{48.000} = 200 \text{ mg/l.}$$

Van deze BOD₅ (200 mg/l) van het bezonken ruwe afvalwater zal in het volgende worden uitgegaan.

Er worden nu twee systemen van belasting van de oxydatiebedden, behorende tot het oxydatief biologisch gedeelte van de betreffende RZI in beschouwing genomen, t.w.:

A. enkelvoudige werking, geheel overeenkomstig de schematische voorstelling van afb. 1;

B. in serie geplaatst, geheel overeenkomstig de schematische voorstelling van afb. 2.

Voor enkelvoudig werkende oxydatiebedden dan wel voor de eerste trap van in serie geplaatste oxydatiebedden geldt, indien de NRC-formule van toepassing wordt verklaard:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0,014 \sqrt{\frac{W_1}{V_1 F_1}}}, \text{ waarin:}$$

E₁ = de procentuele afname van de BOD₅ van het bezonken ruwe afvalwater in het (eerste) oxydatiebed en de nabezink- resp. tussenbezinktank;

W₁ = de belasting van het (eerste) oxydatiebed door het toegevoerde bezonken ruwe afvalwater in gram BOD₅ per dag;

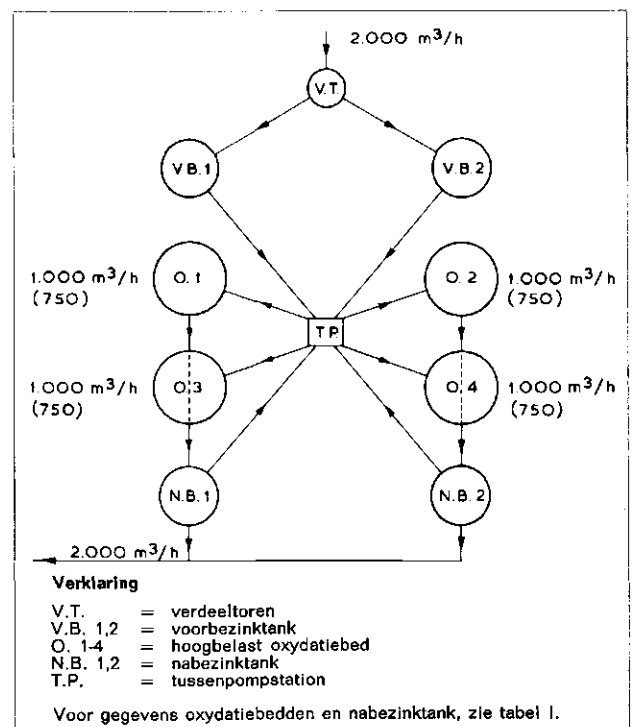
V₁ = de inhoud van het (eerste) oxydatiebed in m³;

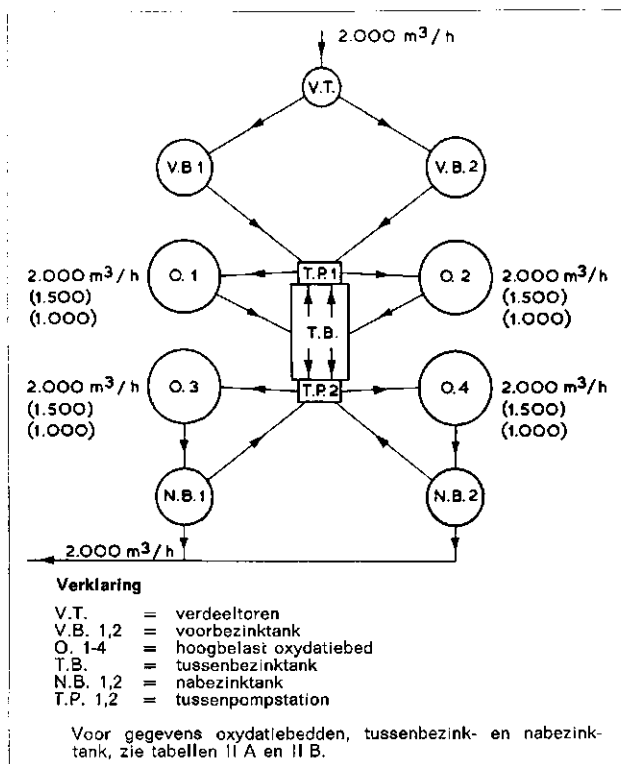
F₁ = de recirculatiefactor = $\frac{1 + R_1}{(1 + 0,1 R_1)^2}$.

Hierin is R₁ de verhouding van de hoeveelheid gerecirculeerd bezonken effluent van de nabezinktank (Q_R) resp. tussenbezinktank (Q_{R1}) en de aanvoer van het bezonken ruwe afvalwater (Q);

$$R_1 = \frac{Q_{R(1)}}{Q}$$

Afb. 1 - RZI met 4 stuks enkelvoudig werkende hoogbelaste oxydatiebedden (schematisch).





Afb. 2 - RZI met 2 maal 2 stuks in serie geplaatste hoogbelaste oxydatiebedden (schematisch).

Voor de tweede trap van in serie geplaatste oxydatiebedden geldt, bij toepassing van bovengenoemde NRC-formule:

$$E_2^1 = \frac{100}{1 + \frac{0,014}{1 - \frac{E_1}{100}} \sqrt{\frac{W_2}{V_2 F_2}}}$$

E_2^1 = de procentuele afname van de BOD_5 van het bezonken effluent van het eerste oxydatiebed door het tweede-bed en de nabezinktank;

W_2 = de BOD -belasting door het bezonken effluent van het eerste oxydatiebed in gram BOD_5 per dag;

V_2 = de inhoud van het tweede oxydatiebed in m^3 ;

$$F_2 = \text{de recirculatiefactor} = \frac{1 + R_2}{(1 + 0,1 R_2)^2}$$

Hierin is R_2 de verhouding van de hoeveelheid gerecirculeerd bezonken effluent van de nabezinktank (Q_{R_2}) van de tweede trap en de aanvoer van het bezonken

$$\text{effluent van de eerste trap (Q); } R_2 = \frac{Q_{R_2}}{Q}$$

Tenslotte is E_2 = de procentuele afname van de BOD_5 van het bezonken ruwe afvalwater na passage van de beide oxydatiebedden, tussenbezink- en nabezinktank (bij serie-schakeling).

In de tabel I zijn de gegevens vermeld, welke betrekking hebben op het oxydatief biologisch gedeelte van de betreffende RZI indien deze is uitgerust met vier stuks enkelvoudig werkende hoogbelaste oxydatiebedden.

Naast de voor het bepalen van het nuttig effect van deze installatie benodigde getallen, zijn in de tabel ook enkele

cijfers vermeld inzake de hydraulische belasting der oxydatiebedden zomede de oppervlakte belasting van oxydatiebed en nabezinktank, indien recirculatie toepassing vindt, en wel in de verhouding $R_1 = 1$ resp. 0,5. Het nuttig effect van de oxydatiebedden + nabezink-tanks, berekend met de NRC-formule, bedraagt dan 74,8 % resp. 73,0 %, terwijl de daarbijbehorende BOD_5 van het effluent afgerond 50 resp. 54 mg/l is.

In de tabellen IIA en IIB zijn de gegevens vermeld, welke betrekking hebben op het oxydatief biologisch gedeelte van de betreffende RZI indien deze is uitgerust met twee maal twee stuks in serie geplaatste hoogbelaste oxydatiebedden.

Ook hier zijn naast de voor het bepalen van het nuttig effect van de eerste resp. tweede trap der installatie benodigde getallen, in de tabellen — zowel voor de eerste als voor de tweede trap — enkele cijfers vermeld inzake de hydraulische belasting der oxydatiebedden zomede de oppervlakte belasting van oxydatiebed en tussenbezink-tank resp. oxydatiebed en nabezinktank, indien recirculatie wordt toegepast in de eerste resp. in de tweede trap, achtereenvolgens in de verhouding:

$$(R_1 = 1, R_2 = 1), (R_1 = 1, R_2 = 0,5), (R_1 = 1, R_2 = 0);$$

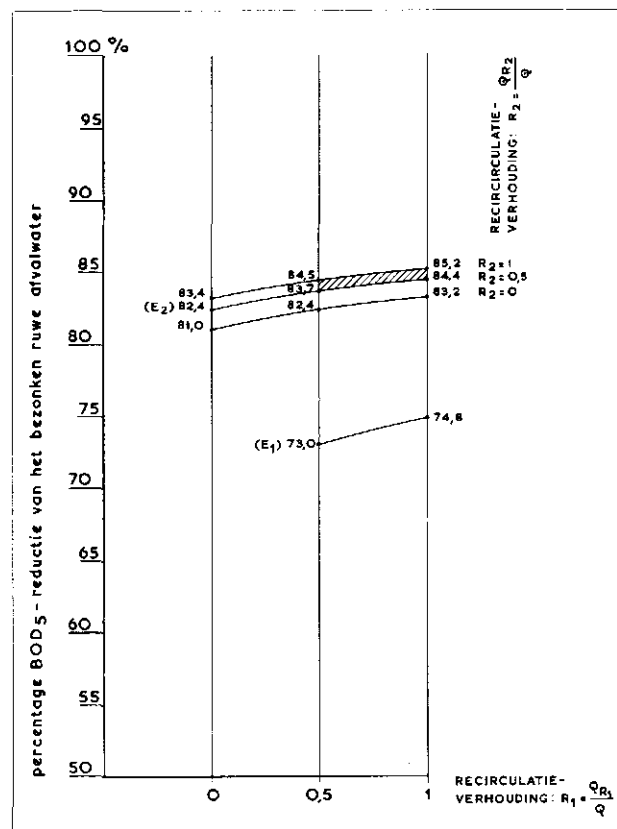
$$(R_1 = 0,5, R_2 = 1), (R_1 = 0,5, R_2 = 0,5), (R_1 = 0,5,$$

$$R_2 = 0) \text{ en}$$

$$(R_1 = 0, R_2 = 1), (R_1 = 0, R_2 = 0,5), (R_1 = 0, R_2 = 0).$$

Het nuttig effect van de oxydatiebedden + tussenbezink-tank, berekend met de NRC-formule, bedraagt dan voor de eerste trap (tabel IIA): 67,5 %, 65,6 % en 61,9 %, terwijl voortgezette berekening als nuttig effect van oxydatiebedden + nabezinktank achtereenvolgens geeft (tabel IIB):

Afb. 3 - Procentuele afname van de BOD_5 bij enkelvoudig werkende (E_1) resp. in serie geplaatste (E_2) hoogbelaste oxydatiebedden bij 2 waarden voor R_1 resp. bij 3 waarden voor R_1 in combinatie met 3 voor R_2 .



TABEL I. Oxydatief biologisch gedeelte met 4 stuks enkelvoudig werkende hoogbelaste oxydatiebedden.

BOD ₅ afvalwater (bezonken) mg/l	hoeveelh. afvalwater Q (m ³ /h)	hoeveelh. recirc. water Q _R (m ³ /h)	R ₁ = $\frac{Q_R}{Q}$	F ₁ = $\frac{1 + R_1}{(1 + 0,1 R_1)^2}$	W ₁ gram/dag	oxydatiebedden			E ₁ = $\frac{100}{1 + 0,014 \sqrt{\frac{W_1}{V_1 F_1}}}$ in %	effluent BOD ₅ mg/l	$\frac{Q + Q_R}{V_1}$ m ³ /m ³ /d	$\frac{Q + Q_R}{O_1}$ m ³ /m ² /d	opp.bel. oxyd. bed. m ³ /m ² /h	nabezinktanks		
						aantal	V ₁ m ³	O ₁ m ²						aantal	opp. m ²	opp.bel. m ³ /m ² /h
200	2.000	2.000	1	1,65	9.600.000	4	10.000	4.500	74,8	50,4	9,6	21,3	0,89	2	2.000	2,0
200	2.000	1.000	0,5	1,36	9.600.000	4	10.000	4.500	73,0	54,3	7,2	15,0	0,67	2	2.000	1,5

TABEL II A. Oxydatief biologisch gedeelte met 2 x 2 stuks in serie geplaatste hoogbelaste oxydatiebedden (1^e trap).

BOD ₅ afvalwater (bezonken) mg/l	hoeveelh. afvalwater Q (m ³ /h)	hoeveelh. recirc. water Q _R (m ³ /h)	R ₁ = $\frac{Q_R}{Q}$	F ₁ = $\frac{1 + R_1}{(1 + 0,1 R_1)^2}$	W ₁ gram/dag	oxydatiebedden			E ₁ = $\frac{100}{1 + 0,014 \sqrt{\frac{W_1}{V_1 F_1}}}$ in %	BOD ₅ tussen-bezinkt-tank mg/l	$\frac{Q + Q_R}{V_1}$ m ³ /m ³ /d	$\frac{Q + Q_R}{O_1}$ m ³ /m ² /d	opp.bel. oxyd. bed. m ³ /m ² /h	tussen-bezinkt-tank		
						aantal	V ₁ m ³	O ₁ m ²						opp. m ²	opp.bel. m ³ /m ² /h	
200	2.000	2.000	1	1,65	9.600.000	2	5.000	2.250	67,5	65,0	19,2	42,6	1,78	2.000	2,0	
200	2.000	2.000	1	1,65	9.600.000	2	5.000	2.250	67,5	65,0	19,2	42,6	1,78	2.000	2,0	
200	2.000	1.000	0,5	1,36	9.600.000	2	5.000	2.250	65,6	68,8	14,4	32,0	1,33	2.000	1,5	
200	2.000	1.000	0,5	1,36	9.600.000	2	5.000	2.250	65,6	68,8	14,4	32,0	1,33	2.000	1,5	
200	2.000	0	0	1	9.600.000	2	5.000	2.250	61,9	76,2	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	
200	2.000	0	0	1	9.600.000	2	5.000	2.250	61,9	76,2	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	
200	2.000	0	0	1	9.600.000	2	5.000	2.250	61,9	75,2	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	

TABEL II B. Oxydatief biologisch gedeelte met 2 x 2 stuks in serie geplaatste hoogbelaste oxydatiebedden (2^e trap).

BOD ₅ tussen-bezinkt-tank mg/l	hoeveelh. effluent 1 ^e trap Q (m ³ /h)	hoeveelh. recirc. water Q _{R2} (m ³ /h)	R ₂ = $\frac{Q_{R2}}{Q}$	F ₂ = $\frac{1 + R_2}{(1 + 0,1 R_2)^2}$	W ₂ gram/dag	oxydatiebedden			E ₂ = $\frac{100}{1 + 0,014 \sqrt{\frac{W_2}{V_2 F_2}}}$ in %	effluent BOD ₅ mg/l	$\frac{Q + Q_{R2}}{V_2}$ m ³ /m ³ /d	$\frac{Q + Q_{R2}}{O_2}$ m ³ /m ² /d	opp.bel. oxyd. bed. m ³ /m ² /h	nabezinktanks			
						aantal	V ₂ m ³	O ₂ m ²						opp. m ²	opp.bel. m ³ /m ² /h	aantal	E ₂ in %
65,0	2.000	2.000	1	1,65	3.120.000	2	5.000	2.250	54,5	29,6	19,2	42,6	1,78	2.000	2,0	2	85,2
65,0	2.000	1.000	0,5	1,36	3.120.000	2	5.000	2.250	52,0	31,2	14,4	32,0	1,33	2.000	1,5	2	84,4
65,0	2.000	0	0	1,0	3.120.000	2	5.000	2.250	48,1	33,8	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	2	83,2
68,8	2.000	2.000	1	1,65	3.300.000	2	5.000	2.250	55,0	31,0	19,2	42,6	1,78	2.000	2,0	2	84,5
68,8	2.000	1.000	0,5	1,36	3.300.000	2	5.000	2.250	52,7	32,6	14,4	32,0	1,33	2.000	1,5	2	83,7
68,8	2.000	0	0	1,0	3.300.000	2	5.000	2.250	48,9	35,2	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	2	82,4
76,2	2.000	2.000	1	1,65	3.660.000	2	5.000	2.250	56,3	33,3	19,2	42,6	1,78	2.000	2,0	2	83,4
76,2	2.000	1.000	0,5	1,36	3.660.000	2	5.000	2.250	53,9	35,1	14,4	32,0	1,33	2.000	1,5	2	82,4
76,2	2.000	0	0	1,0	3.660.000	2	5.000	2.250	50,1	38,0	9,6	21,3	0,89	2.000	1,0	2	81,0

54,5 %, 52,0 %, 48,1 %; 55,0 %, 52,7 %, 48,9 % en 56,3 %, 53,9 %, 50,1 %.

De BOD₅-waarden van het effluent bedragen dan afgerond in de genoemde gevallen resp.

30, 31, 34; 31, 33, 35 en 33, 35, 38 mg/l, terwijl de navolgende bijbehorende waarden als nuttig effect (E₂) voor het oxydatief biologisch gedeelte der zuiveringsinrichting worden gevonden (alle berekend t.o.v. de BOD₅ van het bezonken ruwe afvalwater):

85,2 %, 84,4 %, 83,2 %; 84,5 %, 83,7 %, 82,4 % en 83,4 %, 82,4 %, 81,0 %.

De ruim 40 % grotere BOD₅-reductie van het effluent van in serie geplaatste oxydatiebedden (tabel IIB) ten opzichte van enkelvoudig werkende oxydatiebedden (tabel I) is weergegeven in de grafiek van afb. 3. Hierin is aangegeven de procentuele afname van de BOD₅ van het bezonken ruwe afvalwater in het oxydatiebed en de nabezinktank bij enkelvoudige werking (E₁) resp. na passage van de beide oxydatiebedden, tussenbezink- en nabezinktank bij serie-schakeling (E₂), bij de 2 gekozen waarden voor R₁ resp. bij de onderscheidene 3 waarden voor R₁ in combinatie met de 3 voor R₂.

Samenvatting

Worden de gevallen „geen recirculatie bij serie-schakeling” (R₁ ≠ 0, R₂ = 0; R₁ = 0, R₂ ≠ 0 resp. = 0) buiten beschouwing gelaten, dan kan als gemiddeld nuttig effect voor deze bedrijfs-wijze gelden:

$\frac{1}{4} (85,2 + 84,4 + 84,5 + 83,7) = 84,5 \%$ (zie tabel IIB en afb. 3).

Bij enkelvoudige werking is dit gemiddelde:

$\frac{1}{2} (74,8 + 73,0) = 73,9 \%$ (zie tabel I en afb. 3).

Een toename in het zuiveringseffect van 73,9 % tot 84,5 % nu, zal met een afname van de met het effluent op het oppervlaktewater geloosde verontreinigingen tot:

$$\frac{100 - 84,5}{100 - 73,9} = \pm 60 \%$$

daarvan gepaard gaan.

Of voor daarvoor in aanmerking komende met (hoogbelaste) oxydatiebedden uitgeruste zuiveringsinstallaties de mogelijkheid van serie-bedrijf moet/kan worden verschaft, teneinde door verhoging van het zuiveringseffect een (extra) bijdrage in de strijd tegen de waterverontreiniging te kunnen leveren, zal — althans indien de normen van de NRC-formule mogen gehanteerd — geval voor geval dienen te worden bezien.

Literatuur

- Dirkzwager, A. H. „Formules voor het berekenen van het nuttig effect van oxydatiebedden”. H₂O (1) 1968, nr. 16.
- Eckenfelder, Jr., W. W. *Trickling Filter Design and Performance*. Journal of the Sanitary Engineering Division. Am. Soc. of Civ. Eng., 87: SA 4: 33-45 (July 1961).
- Hanumanulu, V. *Performance of deep trickling filters by five methods*. Journal Water Pollution control federation, aug. 1970 (1446-1457).
- Lofy, D. J. *Eckenfelder's Trickling Filter Formula*. Water and Sewage Works, 116, 404 (1969).
- Lofy, R. J. „NRC Trickling Filter Formula”. Water and Sewage Works, 116, 344 (1969).
- Bau und Betrieb von Tropfkörpern in Amerika* von prof. dr. Ing. W. J. Müller, Darmstadt, Kommunal Wirtschaft, Heft 9, 1961, (351-354).
- Sewage Treatment at Military Installations*. National Res. Council Subcommittee Report. Sewage Works Journ., 18: 791-1028 (1946).